

Radyoloji Birimlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları: Standartlar, Eğitim ve Denetim

Lale Karasu¹

Emre Karasu²

Özet

Radyoloji birimleri, iyonizan radyasyon, manyetik alan, kontrast madde ve yoğun iş yükü gibi çok boyutlu risklerin bir arada bulunduğu yüksek tehlike potansiyeline sahip klinik ortamlardır. Bu birimlerde iş sağlığı ve güvenliği (İSG) uygulamaları, çalışan güvenliğinin yanı sıra hasta güvenliği ve hizmet kalitesinin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu bölümde, uluslararası kuruluşların (IAEA, ICRP, WHO) belirlediği standartlar çerçevesinde radyoloji birimlerinde İSG yönetimi; mevzuat, eğitim, yetkinlik, denetim ve kalite güvence süreçleri açısından ele alınmıştır. Bulgular, etkin bir İSG sisteminin gerekçelendirme, optimizasyon (ALARA) ve doz sınırlandırması ilkeleri üzerine kurulması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca ISO 45001 yönetim sisteminin benimsenmesi, ACR–AAPM teknik standartlarına uygun kalite kontrol uygulamaları ve düzenli eğitim–denetim döngülerinin işletilmesi önerilmektedir. Türkiye’de 6331 sayılı İSG Kanunu, 3153 sayılı Kanun ve Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği kapsamında, radyoloji çalışanlarının çalışma süreleri, doz izleme ve şua izinleri mevzuatla güvence altına alınmıştır. Sonuç olarak, radyoloji birimlerinde uluslararası standartlara dayalı, sistematik, sürekli eğitim ve denetime dayanan güçlü bir güvenlik kültürünün oluşturulması hem çalışan sağlığını hem de hasta güvenliğini korumanın en etkili yoludur.

- 1 Öğr. Gör., Erciyes Üniversitesi, lalecozdemirkarasu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9278-8779>
- 2 Dr. Öğr. Üyesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, emrekarasu@ohu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-5638-8994>

GİRİŞ

Radyoloji birimleri, modern sağlık hizmetlerinin en kritik bileşenlerinden biri olup tanı, tedavi ve girişimsel uygulamalar için ileri teknoloji ekipmanların kullanıldığı klinik ortamlardır. Bununla birlikte bu birimlerde iyonizan radyasyon, güçlü manyetik alanlar, kontrast maddeler, ergonomik zorlanmalar, iş yükü ve psikososyal riskler gibi çok yönlü tehlikeler bir arada bulunduğundan, İSG açısından sağlık sektörünün en yüksek riskli çalışma alanları arasında yer almaktadır (IAEA, 2014; WHO, 2022). Radyolojik görüntüleme cihazlarının giderek yaygınlaşması, işlem sayılarındaki hızlı artış ve teknolojinin karmaşıklığı, hem hasta hem de çalışan güvenliğinin korunmasını daha da önemli hâle getirmiştir.

Radyasyon güvenliği, radyoloji birimlerinde İSG uygulamalarının temelini oluşturur. Radyasyonun biyolojik etkileri, maruziyet süresi, doz miktarı, radyasyon türü ve dokuların duyarlılığı gibi birçok faktöre bağlı olarak değişebilmekte; hem stokastik hem de deterministik etkiler yoluyla çalışan sağlığını tehdit edebilmektedir (ICRP, 2007). Bu nedenle Uluslararası Radyolojik Koruma Komisyonu (ICRP), radyasyondan korunmayı gerekçelendirme, optimizasyon (ALARA) ve doz sınırlandırması ilkeleri üzerine inşa ederek küresel bir çerçeve sunmuştur. Aynı şekilde Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA), GSR Part 3 olarak bilinen uluslararası temel güvenlik standartlarıyla sağlık kurumlarının yetkilendirme, alan güvenliği, kişisel doz izleme, acil durum yönetimi ve kalite güvence süreçlerini düzenlemektedir (IAEA, 2014).

Görüntüleme ekipmanlarının teknik standardizasyonu ve güvenli çalışma uygulamaları açısından Amerikan Radyoloji Koleji (ACR) ve Amerikan Tıbbi Fizikçiler Birliği (AAPM) tarafından yayımlanan teknik standartlar da klinik pratikte yaygın olarak referans alınmaktadır. Örneğin, ACR–AAPM teknik standartları bilgisayarlı tomografi (BT), radyografi, floroskopi ve mamografi gibi modaliteler için performans testlerini, kalite kontrol (QC) programlarını ve ekipman kabul testlerini detaylı biçimde tanımlamaktadır (ACR–AAPM, 2023). Ayrıca ACR Manual on MR Safety, manyetik rezonans (MR) sistemlerinde zonlama yaklaşımı, implant uyumluluğu, ferromanyetik riskler ve olay raporlama süreçleri için uluslararası düzeyde kabul görmüş bir rehber niteliğindedir (ACR, 2024).

Avrupa Radyoloji Derneği (ESR) ve Avrupa Radyoloji Teknisyenleri Federasyonu (EFRS) da hasta ve çalışan güvenliğini bütüncül bir yaklaşımla ele alan ortak güvenlik bildirileri yayımlayarak, radyoloji süreçlerinin klinik kalite yönetimi ile entegre edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (ESR & EFRS, 2019). Bu kurumlara göre, endikasyonun doğru belirlenmesi,

protokol optimizasyonu, kontrast madde güvenliği, iletişim ve ekip temelli iş akışları güvenli radyolojik uygulamaların ana unsurlarıdır.

Türkiye’de radyoloji birimlerinde İSG uygulamalarının hukuki zemini 6331 sayılı İSG Kanunu ile çizilmiş olup radyasyon kaynaklarının kullanımına ilişkin düzenlemeler 3153 sayılı Kanun ve 2019 tarihli Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği ile detaylandırılmıştır (T.C. Mevzuat, 2012, 2019). Bu mevzuat, radyoloji çalışanlarının kişisel doz izleme zorunluluğu, çalışma süreleri, şua izinleri, radyasyon alanlarının sınıflandırılması ve cihazların periyodik kontrolleri gibi kritik uygulamaları yasal güvence altına almaktadır. Özellikle iyonizan radyasyonla çalışan personelin haftalık çalışma süresinin 35 saat ile sınırlandırılması, doz birikiminin azaltılması ve mesleki maruziyet riskinin denetim altına alınması açısından büyük önem taşımaktadır.

Radyoloji birimlerinde İSG, yalnızca radyasyon riskleriyle sınırlı değildir. MR cihazlarında güçlü manyetik alanlara bağlı ferromanyetik fırlatma riski, RF ısınmasına bağlı yanıklar, implant uyumsuzluğu, kontrast maddelere bağlı alerjik reaksiyonlar, kas-iskelet sistemi zorlanmaları ve psikososyal stres faktörleri de çalışanların güvenliğini etkileyen önemli unsurlar arasındadır (ACR, 2024; WHO, 2022). Bu nedenle, radyoloji birimlerinde İSG yönetimi multidisipliner bir yaklaşım gerektirir; tıbbi fizik, radyoloji, hemşirelik, teknik personel, yöneticiler ve İSG profesyonelleri koordinasyon içinde çalışmalıdır.

Günümüzde teknoloji yoğun birimler olan radyoloji departmanlarında etkin bir İSG sistemi; standartlara dayalı risk yönetimi, kalite güvence ve kalite kontrol programları, sürekli eğitim, klinik iletişim, denetim ve performans izleme, kurumsal güvenlik kültürü unsurlarının bütünlüklük biçimde uygulanmasını gerektirir (ACR–AAPM, 2023; ISO, 2018). Bu kitap bölümü, radyoloji birimlerinde İSG uygulamalarını uluslararası literatür, küresel rehberler, Türkiye mevzuatı ve klinik kalite standartları doğrultusunda ayrıntılı şekilde ele almakta; radyasyon güvenliği, MR güvenliği, eğitim, yetkinlik, risk değerlendirme ve denetim süreçlerine ilişkin kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır.

Radyoloji birimlerinde İSG uygulamalarının temel bileşenleri arasında teknik düzenlemeler, kalite güvence ve Eğitim süreçleri bulunsa da, günümüzde dijital dönüşüm ve yapay zekâ tabanlı teknolojiler bu süreçleri önemli ölçüde yeniden şekillendirmektedir. IAEA (2014) ve WHO (2022), dijital doz yönetim sistemlerinin, veri tabanlı performans izleme araçlarının ve yapay zekâ destekli karar mekanizmalarının güvenlik kültürünü güçlendirdiğini vurgulamaktadır. ACR–AAPM teknik standartları da protokol optimizasyonu, otomatik kalite kontrol ölçümleri ve olay analiz

süreçlerinde dijital araçların etkin kullanımını klinik güvenliğin ayrılmaz bir parçası olarak değerlendirmektedir. Bu nedenle radyoloji birimlerinde İSG yönetiminin, klasik güvenlik yaklaşımlarının yanı sıra dijitalleşme ve yapay zekâ uygulamalarıyla desteklenmesi gerekmektedir.

1. Temel İlkeler ve Kurumsal Çerçeve

1.1. Radyasyondan Korunmanın Üç Temel İlkesi

Radyasyondan korunma, radyoloji birimlerinde hem çalışan sağlığını hem de hasta güvenliğini korumak amacıyla geliştirilmiş uluslararası kabul görmüş bir çerçevedir. Radyasyonun biyolojik etkileri; maruziyet dozu, süresi, radyasyon türü, enerjisi ve maruz kalan dokunun duyarlılığı gibi birçok değişkene bağlı olarak hem stokastik hem de deterministik riskler yaratabildiği için, etkili bir koruma sisteminin oluşturulması zorunludur (ICRP, 2007). Bu doğrultuda ICRP, radyasyon güvenliğinin temelini oluşturan üç ana ilkeyi — gerekçelendirme, optimizasyon ve doz sınırlandırması — uluslararası standart olarak tanımlamıştır (IAEA, 2014; ICRP, 2007).

1.1.1. Gerekçelendirme İlkesi (Justification)

Gerekçelendirme, herhangi bir tıbbi radyolojik uygulamanın ancak sağlayacağı klinik yarar, beraberinde getirdiği radyasyon risklerinden daha fazla olduğunda yapılabileceğini ifade eder. ICRP (2007), tıbbi uygulamaların her bir hasta için bireysel olarak gerekçelendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu yaklaşım, gereksiz görüntüleme istemlerinin azaltılması, tekrar çekimlerin önlenmesi ve klinik endikasyonların titizlikle değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır (WHO, 2022). Ayrıca gerekçelendirme yalnızca hasta güvenliği açısından değil, çalışanların maruziyetinin azaltılması açısından da önemlidir; çünkü gereksiz çekimlerin azaltılması çalışanların toplam radyasyon dozunu doğrudan düşürmektedir (IAEA, 2014; WHO, 2022), klinisyen–radyolog iletişiminin güçlendirilmesinin ve karar destek sistemlerinin kullanılmasının gerekçelendirme uygulamalarını iyileştirdiğini bildirmiştir.

1.1.2. Optimizasyon İlkesi – ALARA Prensipli

Optimizasyon, dozun “mantıklı olarak ulaşılabilir en düşük düzeyde” tutulmasını ifade eden ALARA (As Low As Reasonably Achievable) prensibi ile tanımlanır. Bu ilke, görüntü kalitesini bozmadan dozun düşürülmesini amaçlar (IAEA, 2014). Uygulamada optimizasyon şu temel yöntemlerle sağlanır:

- Tanısal Referans Düzeyleri (Diagnostic Reference Levels – DRL) belirlemek ve düzenli olarak güncellemek (WHO, 2022).
- BT, floroskopi ve dijital radyografi protokollerinde kVp, mAs, filtreleme ve pitch gibi parametreleri optimize etmek (ACR–AAPM, 2023).
- Çekimlerde otomatik doz modülasyonu sistemlerini kullanmak.
- Gereksiz büyütme, kolimasyon hataları ve uygunsuz hasta pozisyonlamasını en aza indirmek.
- Çalışanlar için uygun kişisel koruyucu donanım (kurşun önlük, tiroid kalkanı) ve mesafe–zaman–korunma prensiplerini uygulamak (ICRP, 2007).

WHO'nun (2022) raporuna göre optimizasyon, radyoloji birimlerinde maruziyetin azaltılmasında en etkili stratejilerden biridir ve kalite kontrol programlarıyla desteklenmediği sürece sürdürülebilir değildir.

1.1.3. Doz Sınırlandırması İlkesi (Dose Limitation)

Doz sınırlandırması ilkesi, çalışanlar ve halk için yıllık radyasyon maruziyetinin belirli sınırları aşmamasını sağlar. ICRP (2007) tarafından önerilen mevcut doz limitleri şöyledir:

- Radyasyonla çalışan personel için: Yıllık ortalama 20 mSv (5 yıl içinde toplam 100 mSv'i aşmamak koşuluyla).
- Genel halk için: Yıllık 1 mSv.

Bu limitlerin korunması, kişisel dozimetre kullanımı, doz izleme sistemlerinin etkinliği, çalışan rotasyonu, kurşun bariyerlerin uygun yerleştirilmesi ve kontrollü alan–gözetimli alan ayrımlarının doğru yapılması ile mümkündür (IAEA, 2014).

Doz sınırlandırması ilkesi tıbbi hastalar için geçerli değildir; ancak hastaların gereksiz radyasyona maruz kalmasını önlemek için optimize edilmiş protokoller kullanılmalıdır (ESR & EFRS, 2019).

1.1.4. Üç İlkenin Klinik Pratikteki Önemi

Bu üç temel ilke, yalnızca teorik bir çerçeve sunmaz; aynı zamanda radyolojik uygulamaların planlanması, uygulanması, kalite güvencesi (QA) ve denetim süreçlerinde evrensel bir rehber niteliğindedir. Tüm uluslararası kuruluşlar (ICRP, IAEA, WHO, ACR–AAPM, ESR/EFRS) klinik pratikte bu ilkelerin uygulanmasını zorunlu bir gereklilik olarak değerlendirmektedir.

1.2. Küresel Kılavuzlar ve Rehberler

Radyasyon güvenliği yalnızca ulusal mevzuatlarla sınırlı olmayan, küresel ölçekte uyum gerektiren bir alandır. Bu nedenle uluslararası kuruluşlar, sağlık hizmetlerinde radyasyon güvenliğini iyileştirmek için kapsamlı kılavuzlar, standartlar ve rehberler geliştirmiştir. Bu küresel rehberler; tesis tasarımından yetkilendirmeye, kalite güvencesinden çalışan eğitimine kadar geniş bir yelpazede uygulanması gereken güvenlik kriterlerini içerir.

1.2.1. IAEA – Uluslararası Temel Güvenlik Standartları (GSR Part 3)

IAEA'nın GSR Part 3 standardı (2014), dünya çapında radyasyon güvenliğinin temel referans dokümanı olarak kabul edilmektedir. Bu standart;

- Planlı, mevcut ve acil maruziyet durumlarını,
- Çalışan ve hasta doz yönetimini,
- Alan sınırlaması (kontrollü/gözetimli alan),
- Kişisel doz izleme zorunluluklarını,
- Tıbbi fizik hizmetlerinin kapsamını,
- Kalite güvence (QA) ve kalite kontrol (QC) programlarını,
- Yetkilendirme ve ruhsat süreçlerini detaylı biçimde tanımlar.

IAEA ayrıca klinik radyoloji departmanları için Radiation Protection in Medicine programını yürüterek eğitim ve iyi uygulama rehberleri yayımlamaktadır.

1.2.2. WHO – Sağlık Hizmetlerinde Radyasyon Güvenliği Yaklaşımı

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), 2022 tarihli raporunda radyasyon güvenliğinin iyi klinik uygulama, hasta güvenliği, kalite yönetimi ve İSG politikalarıyla bütünleşik bir yaklaşım gerektirdiğini vurgular (WHO, 2022). WHO'ya göre radyoloji birimlerinde güvenlik kültürü üç temel boyutta incelenmelidir:

- Klinik karar verme süreçleri (endikasyon, gerekçelendirme),
- Teknik güvenlik (cihaz QC, doz yönetimi),
- Kurumsal iletişim ve eğitim.

WHO ayrıca Image Wisely, Image Gently gibi uluslararası kampanyaları destekleyerek çocuk ve yetişkin hastaların gereksiz radyasyondan korunmasını amaçlar.

1.2.3. ACR–AAPM Teknik Standartları

ACR–AAPM tarafından yayımlanan teknik standartlar (2023) BT, MR, floroskopi, mamografi ve dijital radyografi gibi modaliteler için kalite kontrol programlarını ve performans testlerini ayrıntılarıyla düzenler. Bu standartlar şunları içerir:

- Ekipman kabul testleri,
- Yıllık/periodyik performans testleri,
- Doz yönetim kriterleri,
- Görüntü kalitesi gereksinimleri,
- Medikal fizik gözetimi,
- Kayıt ve denetim süreçleri.

Klinik pratikte bu standartlara uyum, hem hasta güvenliği hem de çalışan güvenliği açısından temel bir gereklilik olarak kabul edilmektedir.

1.2.4. ESR & EFRS Güvenlik Bildirileri

ESR ve EFRS, tıbbi görüntülemede güvenlik uygulamalarına ilişkin ortak bildiriler yayımlayarak:

- Protokol optimizasyonu,
- DRL kullanımı,
- Kontrast maddelerin güvenli kullanımı,
- MR güvenliği ve zonlama,
- İletişim ve ekip çalışması konularında klinik uygulama düzeyinde ayrıntılı öneriler sunmaktadır (ESR & EFRS, 2019). Bu kurumların bildirileri, Avrupa’da kalite güvence programlarının temelini oluşturur ve uluslararası uygulamalara yön verir.

2. Uluslararası Standartlar ve Yönetim Sistemi

Radyoloji birimlerinde İSG uygulamalarının etkili biçimde yürütülmesi, yalnızca ulusal düzenlemelere değil, aynı zamanda uluslararası standartlara ve kurumsal yönetim modellerine uyum gerektirir. Bu nedenle IAEA, ICRP, ISO, ACR–AAPM ve ESR/EFRS gibi küresel otoriteler tarafından yayımlanan kılavuzlar, radyolojik uygulamalarda güvenliğin sağlanması için dünya genelinde temel çerçeveyi oluşturmaktadır. Bu bölümü oluşturan standartlar; radyasyon güvenliğinin bilimsel temellerini, klinik uygulamalardaki teknik gereklilikleri, kalite kontrol süreçlerini ve kurumsal

yönetim sistemlerini kapsayarak radyoloji birimlerine bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır.

2.1. IAEA – Uluslararası Temel Güvenlik Standartları (GSR Part 3)

IAEA'nın yayımladığı *Radyasyondan Korunma ve Radyasyon Kaynaklarının Güvenliği: Uluslararası Temel Güvenlik Standartları* (GSR Part 3), radyasyon güvenliğinde dünya çapında referans kabul edilen temel düzenlemedir (IAEA, 2014). Sağlık kuruluşları için bağlayıcı nitelikteki bu standartlar; planlı, acil ve mevcut maruziyet durumlarını kapsamakta olup tıbbi görüntüleme alanında çalışanların, hastaların ve toplumun radyasyondan korunmasına yönelik ayrıntılı gereklilikler içerir.

2.1.1. Çalışanların ve Hastaların Radyasyon Maruziyetinin Yönetimi

GSR Part 3, özellikle tıbbi uygulamalarda çalışanların kişisel doz izleme süreçlerini ayrıntılandırarak, her çalışan için uygun kişisel dozimetre kullanımının zorunlu olduğunu belirtir. Kişisel dozimetrelerin düzenli okunması, kayıtların saklanması ve denetime hazır tutulması temel gereklilikler arasındadır (IAEA, 2014).

2.1.2. Kontrollü ve Gözetimli Alan Tanımları

Radyoloji birimlerinde radyasyon alanlarının “kontrollü alan” ve “gözetimli alan” olarak işaretlenmesi, alan sınırlaması ve giriş kontrollerinin sağlanması zorunludur. Bu ayırım, hem çalışanların korunması hem de yetkisiz kişilerin radyasyona maruz kalmasının önlenmesi için kritik önemdedir (IAEA, 2014).

2.1.3. Cihaz Kabul Testleri ve Periyodik Kalite Kontrol (QC)

IAEA standartları, tüm görüntüleme cihazlarının (X-ray, BT, mamografi, floroskopi vb.) kullanılmadan önce medikal fizik uzmanları tarafından kabul testinden geçirilmesini ve düzenli kalite kontrol testlerine tabi tutulmasını şart koşar. QC raporları denetimlerde temel belgelerden biridir (IAEA, 2014).

2.1.4. Sürekli İyileştirme ve Denetim

IAEA, radyasyon güvenliğinin sürdürülebilir olabilmesi için birimlerin performans izlemesi, kayıt yönetimi, olay raporlama sistemi ve sürekli iyileştirme döngülerini işletmesi gerektiğini vurgular. Bu yaklaşım ISO 45001 ile de uyum içindedir.

2.2. ICRP 103 – Radyasyondan Korunma Tavsiyeleri

ICRP'nin "ICRP Publication 103" adlı raporu, modern radyasyon güvenliği anlayışının bilimsel ve etik temelini oluşturur. Bu rapor gerekçelendirme, optimizasyon ve doz sınırlandırması ilkelerini sistematik bir çerçeve hâline getirerek sağlık hizmetlerinin tüm aşamalarında uygulanmasını zorunlu kılar (ICRP, 2007).

2.2.1. Doz Limitleri ve Mesleki Maruziyet

ICRP 103, çalışanlar için yıllık efektif doz sınırını 20 mSv olarak belirler. Bu sınır, beş yıllık dönemde ortalama olarak değerlendirilir ve toplam 100 mSv'i aşmaması gerekir. Göz merceği için yıllık sınır 20 mSv, cilt için 500 mSv'dir. Halk için yıllık doz sınırı 1 mSv'i aşamaz (ICRP, 2007).

2.2.2. Optimizasyon Kültürü (ALARA)

ICRP, optimizasyonu yalnızca teknik bir yaklaşım olarak değil, kurumsal bir "güvenlik kültürü" olarak ele alır. Buna göre radyoloji birimlerinde yöneticiler, çalışanlar ve medikal fizikçiler arasında koordineli yürütülen bir optimizasyon kültürü oluşturulmalıdır (ICRP, 2007).

2.2.3. Tıbbi Maruziyetlerde Fayda-Risk Dengesi

Tıbbi görüntüleme, hastalar için belirlenmiş bir doz limitine tabi değildir; bunun yerine her işlem hasta yararı açısından gerekçelendirilmelidir. ICRP, gereksiz çekimlerin azaltılmasını, endikasyon yönetiminin güçlendirilmesini ve tekrar çekim oranlarının düşürülmesini klinik kalite gereklilikleri olarak tanımlar.

2.3. ISO 45001 – İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi

ISO 45001:2018, kurumsal İSG yönetim sistemlerinin oluşturulması için dünya genelinde kullanılan en kapsamlı standarttır. Radyoloji birimleri için ISO 45001, teknik gereklilikleri kurumsal yönetim ile birleştiren sistematik bir çerçeve sağlar (ISO, 2018).

2.3.1. Tehlike Tanımlama ve Risk Değerlendirme

ISO 45001, radyasyon, manyetik alan, ergonomi, kontrast maddeler, psikososyal faktörler gibi radyolojiye özgü tüm tehlikelerin sistematik olarak belirlenmesini ve risklerin kabul edilebilir seviyeye düşürülmesini zorunlu kılar.

2.3.2. Performans İzleme ve Gözden Geçirme

Standartın gereklilikleri doğrultusunda radyoloji birimlerinde:

- Dozimetri sonuçları,
- QC sonuçları,
- Çalışan geri bildirimleri,
- Olay bildirimleri düzenli olarak izlenmeli ve yıllık “yönetim gözden geçirme” toplantılarında değerlendirilmelidir.

2.3.3. Sürekli İyileştirme

ISO 45001, radyoloji departmanlarında kalite güvencesi programları ile entegrasyon içinde “Planla-Uygula-Kontrol Et-Önlem Al (PUKÖ)” döngüsüne dayalı bir iyileştirme yaklaşımı öngörür.

2.4. Klinik Topluluk Rehberleri (ACR–AAPM, ESR/EFRS)

Küresel profesyonel topluluklar tarafından yayımlanan kılavuzlar, klinik uygulamalarda günlük pratik gereklilikleri belirleyerek uluslararası standartların sahadaki karşılığını oluşturur.

2.4.1. ACR Manual on MR Safety

ACR'nin güncel *MR Safety Manual*'ı, MR alanında en yetkili kaynak kabul edilmektedir. Bu rehber;

- MR zon sistemi,
- Ferromanyetik risk yönetimi,
- İmplant ve cihaz uyumluluğu,
- MR tarama protokolleri,
- Acil durum yönetimi gibi konularda ayrıntılı gereklilikler sunar (ACR, 2024). MR kazalarının büyük bölümü insan hatası kaynaklı olduğundan, bu rehber klinik güvenliğin temel taşıdır.

2.4.2. ACR–AAPM Teknik Standartları

ACR–AAPM standartları, X-ray, BT, floroskopi, mamografi ve MR dahil tüm modalitelerde kalite kontrol programlarını detaylandırır (ACR–AAPM, 2023). Bunlar arasında:

- Cihaz kabul testlerinin kapsamı,
- Yıllık QC test takvimleri,

- DRL değerleri ve doz raporlama,
- Performans limitleri,
- Medikal fizik sorumlulukları yer alır. Bu standartlar, cihaz güvenliğinin ve radyasyon optimizasyonunun temel bileşenidir.

2.4.3. ESR-EFRS Ortak Güvenlik Bildirisi

ESR ile EFRS ortak güvenlik bildirisi, radyolojide güvenliğin yalnızca teknik standartlarla değil, süreç yönetimi, iletişim, eğitim ve multidisipliner iş birliği ile sağlanabileceğini vurgular (ESR & EFRS, 2019). Bu bildiri özellikle şu konulara odaklanır:

- Hasta güvenliği için endikasyon yönetimi,
- Çalışan güvenliği için doz optimizasyonu,
- Kontrast madde güvenliği,
- İletişim ve klinik ekip koordinasyonu,
- Kalite güvence ve denetim programları.

3. Eğitim, Yetkinlik ve İletişim

Radyoloji birimlerinde güvenli çalışma ortamının temelini oluşturan unsurlardan biri etkili eğitim, ikincisi personel yetkinliği, üçüncüsü ise güçlü bir iletişim ve güvenlik kültürüdür. Uluslararası standartlara göre radyasyon güvenliği ve klinik uygulama güvenliği, yalnızca teknik prosedürlere değil, çalışanların davranışlarına, bilgi düzeyine ve ekipler arası iş birliğine bağlıdır (ESR & EFRS, 2019; WHO, 2022). Bu nedenle eğitim programlarının kapsamı, sıklığı, değerlendirme yöntemleri ve iletişim süreçleri, modern İSG yönetim sistemlerinin temel bileşenleri arasında yer almaktadır (ISO, 2018).

3.1. Zorunlu Eğitim İçerikleri

Radyoloji birimlerinde çalışan personel, iyonizan radyasyon, manyetik alan, RF enerjisi, kontrast maddeler ve ergonomik riskler gibi geniş bir tehlike spektrumuna maruz kaldığından, eğitim programlarının düzenli olarak güncellenmesi ve uluslararası standartlarla uyumlu olması gereklidir. ACR, WHO ve IAEA, radyoloji personeli için yıllık periyodik eğitimlerin zorunlu olduğunu ve kurumların bu eğitimlerin kayıtlarını denetime hazır şekilde tutması gerektiğini belirtir (ACR, 2024; IAEA, 2014; WHO, 2022).

3.1.1. Eğitim Konu Başlıkları

Zorunlu eğitim programlarının aşağıdaki ana başlıkları içermesi önerilmektedir:

a) Radyasyon Fiziği ve Doz Ölçümü

Radyasyon türleri, doz birimleri (mSv, mGy), doku ağırlık faktörleri, efektif doz kavramı, deterministik ve stokastik etkiler açıklanmalı; kişisel dozimetre kullanımı ve doz kayıtlarının yorumlanması öğretilmelidir (ICRP, 2007).

b) Tanısal Referans Düzeyleri (DRL) ve Doz Optimizasyonu

DRL kavramı, klinik protokollerin optimize edilmesinde önemli bir araçtır. WHO (2022), DRL'lerin düzenli güncellenmesini, çekim parametrelerinin (kVp, mAs, pitch, kolimasyon) optimize edilmesini ve tekrar çekim oranlarının azaltılmasını “eğitimin kilit çıktıları” arasında saymaktadır.

c) Kişisel Koruyucu Donanım (KKD) Kullanımı

Kurşun önlük, tiroid kalkanı, gözlük ve mobil bariyerlerin doğru kullanımı; düzenli kontrol ve test gereklilikleri; malzeme aşınmalarının tespiti ve raporlanması ele alınmalıdır (IAEA, 2014).

d) Alan Güvenliği ve Zonlama Sistemleri

X-ray, BT, floroskopi, mamografi ve özellikle MR birimlerinde alan sınırlaması (kontrollü/gözetimli alan) ile MR Zon 1–4 sistemi öğretilmeli; erişim kontrolleri ve ferromanyetik risk yönetimi vurgulanmalıdır (ACR, 2024).

e) Acil Durum Planları ve Olay Yönetimi

Radyasyon sızıntısı, manyetik projektör etkisi (ferromanyetik fırlatma), kontrast reaksiyonları, RF yanıkları, elektriksel tehlikeler ve yangın gibi olaylara yönelik acil durum prosedürleri öğretilmelidir (ESR & EFRS, 2019).

f) Kontrast Madde Güvenliği

İyotlu ve gadolinyum bazlı kontrast maddeler için:

- Risk değerlendirmesi,
- Alerjik reaksiyon yönetimi,
- Nefropati/NSF riskleri,
- Ekstravazasyon yönetimi konuları işlenmelidir (ACR–AAPM, 2023).

g) MR Güvenliği

MR güvenliği eğitimi;

- Zonlama,
- Manyetik alan tehlikeleri,
- İmplant uyumluluğu (MRI Safe / Conditional / Unsafe),
- Sedyelerin ve ekipmanların ferromanyetik kontrolü,
- MR tarama sırasında iletişim,
- Acil durdurma (quench) prosedürü gibi kritik başlıkları içermelidir (ACR, 2024).

3.1.2. Eğitimlerin Değerlendirilmesi ve Düzeltici Faaliyetler

ISO 45001 (2018), eğitimlerin yalnızca verilmesini değil, etki analizinin yapılmasını zorunlu kılar. Bu kapsamda:

- Yazılı sınavlar,
- Gözlemsel değerlendirme formları,
- Simülasyon uygulamaları,
- Olay raporlarının analizi

kullanılarak eğitim çıktılarının etkinliği ölçülmelidir.

Yetersiz performans veya uygun olmayan davranışlar tespit edildiğinde Düzeltici ve Önleyici Faaliyet (DÖF) süreçleri başlatılmalı, çalışanlar yeniden eğitime alınmalı ve kayıtlar kalite yönetim dosyalarında saklanmalıdır (IAEA, 2014; ISO, 2018).

3.2. Güvenlik Kültürü ve Klinik İletişim

Radyoloji birimlerinde güvenlik kültürü, teknik uygulamaların ötesinde, çalışanların davranışları, ekip içi iş birliği, geri bildirim sistemleri ve yönetsel kararlılık tarafından şekillenir. WHO (2022) ve ESR-EFRS (2019), güçlü bir güvenlik kültürünü, güvenli klinik uygulamaların sürdürülebilirliği için “olmazsa olmaz” olarak nitelendirmektedir.

3.2.1. Endikasyon Yönetimi ve Risk-Fayda İletişimi

Gerekçeleştirme kararlarında doğru iletişim çok önemlidir. Radyologlar, klinisyenler ve teknisyenler arasında kurulan etkili iletişim:

- Gereksiz çekimlerin azaltılmasını,

- Hastaya yönelik risk–fayda tartışmasının doğru yapılmasını,
- Protokol optimizasyonunun sürekliliğini sağlar (ICRP, 2007; WHO, 2022).

3.2.2. Düzenli Geri Bildirim ve Multidisipliner Toplantılar

ESR & EFRS (2019), kalite ve güvenlik ekiplerinin düzenli toplantılar yapmasını, çekim protokollerinin gözden geçirilmesini ve çalışanlara geri bildirim verilmesini klinik güvenliğin ayrılmaz bir parçası olarak tanımlamıştır.

Bu toplantılar genellikle:

- Tekrar çekim oranı değerlendirmesi,
- DRL aşım analizleri,
- Olay bildirimini incelemeleri,
- QC sonuçlarının paylaşılması gibi konuları içerir.

3.2.3. Olay Bildirim Kültürü

ISO 45001 ve WHO, çalışanların olası tehlikeleri, ekipman arızalarını ve “ramak kala” olaylarını çekinmeden bildirebileceği bir sistem kurulmasını önerir (ISO, 2018; WHO, 2022).

Etkili bir olay bildirim sistemi:

- Cezalandırıcı olmayan (no-blame) bir yaklaşıma dayanır,
- Süreç odaklı analiz yapılır,
- Sebep–sonuç değerlendirmesi gerçekleştirilir,
- Öneriler hızla uygulamaya alınır.

Bu tür sistemler, MR kazaları ve yüksek doz olaylarını azaltmada büyük rol oynamaktadır.

3.2.4. Klinik Ekipler Arası İletişim ve Koordinasyon

ACR–AAPM (2023) ve WHO (2022), radyoloji birimlerinde teknisyen, radyolog, hemşire, medikal fizikçi ve acil durum ekipleri arasındaki koordinasyonun güvenlik için kritik olduğunu vurgular.

Etkili iletişim şu alanlarda belirleyicidir:

- Kontrast madde uygulamaları,
- Sedasyonlu veya kritik hastaların MR/BT çekimleri,

- Girişimsel radyoloji ekip çalışması,
- Acil durum yanıt koordinasyonu.

4. Denetim ve Türkiye’de Mevzuat

Radyoloji birimlerinde İSG uygulamaları, yalnızca teknik standartlara değil, aynı zamanda ulusal hukuk düzeni tarafından belirlenen yükümlülüklerle de tabidir. Türkiye’de radyoloji alanında çalışan personelin korunması, iyonlaştırıcı radyasyon kaynaklarının güvenli kullanımı ve sağlık hizmetinin sürekliliği; hem genel İSG mevzuatı hem de radyasyon özelinde çıkarılmış düzenlemeler çerçevesinde şekillenmektedir. Bu nedenle mevzuatın iyi anlaşılması, radyoloji birimlerinde etkin bir güvenlik yönetim sisteminin kurulması açısından kritik öneme sahiptir.

4.1. Çatı Mevzuat

Türkiye’de İSG alanındaki temel düzenleme, 6331 sayılı İSG Kanunu’dur. Bu Kanun; işverenin, çalışanların sağlık ve güvenliğini korumak için risk değerlendirmesi yapmak, eğitim sağlamak, sağlık gözetimi yürütmek, İSG organizasyonu kurmak (işyeri hekimi, iş güvenliği uzmanı vb.) ve gerekli teknik–idari önlemleri almakla yükümlü olduğunu hükme bağlar (T.C. Mevzuat, 2012). Dolayısıyla radyoloji birimleri de tüm diğer işyerleri gibi 6331 sayılı Kanun kapsamındadır ve radyasyon kaynaklı riskler, işyeri risk değerlendirmesinin ayrılmaz bir parçası olmak zorundadır.

Radyasyon kaynaklarına özel hükümler ise, başta 3153 sayılı Kanun ve Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği olmak üzere çeşitli ikincil mevzuatla düzenlenmiştir.

- 3153 sayılı “Radyoloji, Radyom ve Elektrikle Tedavi ve Diğer Fizyoterapi Müesseseleri Hakkında Kanun”, iyonlaştırıcı radyasyon kaynakları ile çalışan sağlık personelinin çalışma koşullarını, yetkilendirme esaslarını ve radyasyondan korunmaya ilişkin temel ilkeleri belirler. Bu Kanun, özellikle radyoloji çalışanlarının çalışma süreleri ve şua izinleri bakımından özel düzenlemeler içermektedir (T.C. Mevzuat, 1937).
- “Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği” ise iyonlaştırıcı radyasyon kaynaklarının bulundurulması, kullanılması, ruhsatlandırılması, denetlenmesi, doz limitleri, kişisel doz izleme, alan sınıflandırması ve radyasyon güvenliği komitelerinin oluşturulmasına ilişkin ayrıntılı usul ve esasları düzenlemektedir (T.C. Mevzuat, 2019). Yönetmelik, ICRP ve IAEA standartları ile uyumlu olarak çalışan ve halk için

doz limitlerini belirlemekte; radyasyonla çalışan personel için kişisel dozimetre kullanımını, doz kayıtlarının tutulmasını ve gerektiğinde resmi denetim birimlerine sunulmasını zorunlu kılmaktadır.

Bu çerçevede radyoloji birimlerinde:

- Radyasyon kaynaklarının kurulumu ve kullanımı için ruhsat/yetki belgesi alınması,
- Radyasyon alanlarının kontrollü ve gözetimli alan olarak sınıflandırılması,
- Periyodik kontrollerin (cihaz kalite kontrolü, sızıntı ölçümleri, tesis güvenliği vb.) yapılması,
- Kişisel dozimetre sonuçlarının düzenli izlenmesi ve arşivlenmesi,
- Gerekli hâllerde resmî denetimlere açık ve hazır olunması

mevzuatın açıkça öngördüğü yükümlülüklerdir (IAEA, 2014; T.C. Mevzuat, 2019).

6331 sayılı Kanun'un öngördüğü İSG kurulları, acil durum planları, işe giriş ve periyodik muayeneler, radyoloji birimleri için özel önem taşır; çünkü radyasyon maruziyetinin uzun vadeli etkileri, mesleki hastalık risklerini artırabilmektedir. Bu nedenle işyeri hekimi ve İSG profesyonelleri, radyoloji çalışanlarının sağlık gözetiminde radyasyona özgü parametreleri (kan sayımı, radyasyon yükü, doz kayıtları vb.) dikkate almalıdır.

4.2. Çalışma Süreleri ve Şua İzni

İyonlaştırıcı radyasyonla çalışan personelin çalışma süresi ve izin hakları, genel iş hukuku hükümlerinden farklı olarak, 3153 sayılı Kanun ve ilgili ikincil düzenlemelerle sınırlandırılmıştır. Amaç, çalışanların toplam radyasyon maruziyetini yönetilebilir düzeyde tutmak ve uzun dönem biyolojik etkilerden korunmalarını sağlamaktır.

4.2.1. Haftalık Çalışma Süresi – 35 Saat Kuralı

3153 sayılı Kanun ve buna dayanılarak çıkarılan düzenlemeler uyarınca, radyoloji birimlerinde iyonlaştırıcı radyasyonla çalışan sağlık personelinin haftalık çalışma süresi 35 saat olarak planlanmalıdır (T.C. Mevzuat, 2019). Bu sınır, genel sağlık personeli için öngörülen haftalık çalışma sürelerinden daha düşüktür ve çalışanları radyasyondan korumaya yönelik özel bir koruyucu hüküm niteliğindedir.

Kurumlar;

- Nöbet, vardiya ve poliklinik düzenlemelerini bu süreyi aşmayacak şekilde planlamak,
- Çalışanların fiilen radyasyona maruz kaldıkları süreleri kayıt altına almak,
- Gerektiğinde personel rotasyonu uygulamak zorundadır. Radyoloji birimlerinde, personelin hem fiziksel (radyasyon yükü, ergonomi) hem de psikosozal (yoğun iş temposu, nöbet yükü) risklerinin birlikte ele alınması gerekir.

4.2.2. Şua İzni Kavramı

“Şua izni”, iyonlaştırıcı radyasyonla çalışan personele, maruz kaldıkları radyasyonun uzun dönemli etkilerini azaltmak amacıyla verilen ek izin türüdür. Bu izin, çalışanların radyasyonla çalışma süreleri ve doz yükleri dikkate alınarak hesaplanan ilave dinlenme süresidir.

Mevzuata göre işveren;

- Radyasyonla çalışan personelin maruziyet sürelerini ve dozlarını izlemek,
- Kayıtları esas alarak personelin hak kazandığı şua izinlerini zamanında kullandırmak,
- Bu izinleri çalışma planına uygun biçimde organize etmek zorundadır (T.C. Mevzuat, 2019).

Şua izni; yalnızca bir sosyal hak değil, aynı zamanda radyasyondan korunma stratejisinin klinik uygulamadaki bir parçası olarak değerlendirilmelidir. Çalışanın bu izni düzenli kullanması, kümülatif doz yükünün düşürülmesine ve tükenmişlik sendromu gibi psikosozal risklerin azaltılmasına katkı sağlar.

4.2.3. Denetim ve Uygulama

Şua izinlerinin ve haftalık çalışma sürelerinin mevzuata uygun kullanılıp kullanılmadığı;

- İç denetimler,
- Kurum içi İSG kurulları,
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı denetimleri,
- Sağlık Bakanlığı ve ilgili radyasyon güvenliği birimlerinin kontrolleri sırasında değerlendirilebilir. Uygunsuzluklar tespit edildiğinde

işverene idari yaptırımlar uygulanabilmekte; ayrıca çalışanların sağlık ve güvenliği bakımından risk oluşturabilecek durumların düzeltilmesi istenmektedir (T.C. Mevzuat, 2012, 2019).

5. Risk Değerlendirme ve Kalite Güvencesi

5.1. Klinik Risk Değerlendirme

Radyolojiye özgü risk analizleri işlem-tabanlı yapılmalıdır: X-ışını ekipmanlarında sızıntı/saçılma ve bariyer yeterliliği, BT/fluoroskopide hasta ve personel dozu, MR'da ferromanyetik tarama-implant uyumluluğu ve RF yanığı riski, ilaç/kontrastta alerji-ekstravazasyon yönetimi gibi alt başlıklar kontrol listeleriyle izlenir (ACR, 2024; ACR–AAPM, 2023; IAEA, 2014).

5.2. Kalite Kontrol (QC) ve Medikal Fizik İzlemi

ACR–AAPM teknik standartları; kabul testleri, yıllık/periyodik performans testleri ve günlük–haftalık QC kontrollerinin kapsam ve sorumluluklarını tanımlar; kayıtların denetime hazır bulundurulmasını ister (ACR–AAPM, 2023). Uygunsuzluklarda düzeltici/önleyici faaliyet (DÖF) başlatılmalıdır (ISO, 2018).

6. Uygulamaya Yönelik Kısa Kontrol Listesi (Örnek)

- Endikasyon & Protokol: Gerekçendirme kaydı ve DRL/optimizasyon kontrolü (ICRP, 2007).
- Alan Güvenliği: Kontrollü alan işaretleri, erişim kontrolü, sızıntı ölçümleri (IAEA, 2014).
- Doz İzleme: Personel dozu (TLD/elektronik dozimetre) ve hasta dozu kayıtları (ACR–AAPM, 2023).
- MR Güvenliği: Zone 1–4, çift aşamalı tarama, implant uyumluluğu, ferromanyetik dedektör/log (ACR, 2024).
- Kontrast Güvenliği: Alerji öyküsü, acil araba/kılavuz, ekstravazasyon prosedürü (ESR & EFRS, 2019).
- Eğitim & Yetkinlik: Yıllık eğitim, sınav/gözlem, yetkilendirme belgeleri (ISO, 2018; WHO, 2022).
- Mevzuat Uyumu: 6331, Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği, 3153—haftalık 35 saat planlama ve şua izni (T.C. Mevzuat, 2012, 2019).

7. Sonuç

Etkili bir İSG programı; ICRP ilkeleri ve IAEA BSS gereklilikleri temelinde, ISO 45001 yönetim sistemi yaklaşımıyla desteklenmeli; ACR–AAPM/ESR rehberleriyle klinik uygulamaya indirgenmelidir (ACR–AAPM, 2023; ESR & EFRS, 2019; IAEA, 2014; ICRP, 2007; ISO, 2018). Türkiye’de 6331 sayılı Kanun, Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği ve 3153 sayılı Kanun; yetkilendirme, çalışma süreleri, doz izlemi ve denetim mekanizmalarını belirler (T.C. Mevzuat, 2012, 2019). Kurumlar, bu çerçeveyi düzenli eğitim, sistematik denetim, medikal fizik QC programları ve güçlü bir güvenlik kültürü ile yaşatmalıdır (ISO, 2018; WHO, 2022).

Dijitalleşme ve yapay zekâ uygulamalarının İSG süreçlerine entegrasyonu, radyoloji birimlerinde güvenliği yalnızca standartlarla değil, veri temelli ve öngörücü yaklaşımlarla yönetmeyi mümkün kılmaktadır. IAEA, WHO ve ACR–AAPM’in önerileri doğrultusunda dijital sistemlerin kullanımı; erken uyarı mekanizmaları, otomatik kalite kontrol, çalışan maruziyet izleme ve klinik karar destek alanlarında güvenlik performansını anlamlı ölçüde artırmaktadır. Bu nedenle gelecekte radyoloji birimlerinde güçlü bir güvenlik kültürü, yalnızca mevzuat uyumu ve teknik önlemlerle değil, dijital dönüşümün etkin şekilde yönetilmesiyle sürdürülebilir hâle gelecektir.

Örgütlere Yönelik Pratik Öneriler:

- Dijital doz yönetim sistemleri ve otomatik raporlama araçları kullanarak çalışan ve hasta dozunu sürekli izleyin (ACR–AAPM, 2023; IAEA, 2014).
- YZ tabanlı karar destek sistemlerini protokol optimizasyonu ve gereksiz çekimlerin azaltılmasında kullanın (WHO, 2022).
- Elektronik olay bildirim sistemleri kurarak ISO 45001’in öngördüğü sürekli iyileştirme döngüsünü daha etkin işletin (ISO, 2018).
- Çalışan doz verilerinin dijital analizi ile riskli alanları belirleyin ve rotasyon planlamasını veri temelli yapın (T.C. Mevzuat, 2019).
- Dijital simülasyonlar ve e-öğrenme modülleri ile MR güvenliği, doz optimizasyonu ve acil durum senaryolarına yönelik eğitimleri güçlendirin (ACR, 2024; WHO, 2022).

Kaynakça

- ACR. (2024). *MR Safety Resources*. <https://www.acr.org/Clinical-Resources/Clinical-Tools-and-Reference/radiology-safety/mr-safety>
- ACR–AAPM. (2023). *Practice Parameters and Technical Standards (CT, Radiography, Fluoroscopy, etc.)*. American College of Radiology & American Association of Physicists in Medicine. <https://www.aapm.org/pubs/AC-RAAPMCollaboration.asp>
- ESR, & EFRS. (2019). Patient safety in medical imaging: A joint paper. *Insights into Imaging*, 10(1), 109. <https://doi.org/10.1186/S13244-019-0721-Y>
- IAEA. (2014). *Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards (GSR Part 3)*. http://ec.europa.eu/dgs/communication/services/visual_identity/index_en.htm
- ICRP. (2007). The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP Publication 103). *Annals of the ICRP*, 37, 2–4. https://doi.org/10.1177/ANIB_37_2-4
- ISO. (2018). *ISO 45001:2018 - Occupational health and safety management systems*. <https://www.iso.org/standard/63787.html>
- T.C. Mevzuat. (1937). *3153 sayılı Radyoloji, Radyom ve Elektrikle Tedavi ve Diğer Fizyoterapi Müesseseleri Hakkında Kanun*.
- T.C. Mevzuat. (2012). *6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu*. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=6331&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5>
- T.C. Mevzuat. (2019). *Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği*. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=5272&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- WHO. (2022). *Global Initiative on Radiation Safety in Health Care Settings. Occupational radiation protection in health care settings*. Geneva: World Health Organization. <https://www.who.int/initiatives/global-initiative-on-radiation-safety-in-health-care-settings>